

氯虫苯甲酰胺对白背飞虱实验种群的亚致死效应

杨 洪, 王 召, 金道超*

(贵州大学昆虫研究所, 贵州山地农业病虫害重点实验室, 贵阳 550025)

摘要: 为正确评估防治水稻鳞翅目害虫的新型杀虫剂氯虫苯甲酰胺对非靶标害虫白背飞虱 *Sogatella furcifera* (Horváth) 的影响, 本文采取稻茎浸渍法测定了氯虫苯甲酰胺对白背飞虱的毒力, 利用生命表技术研究了氯虫苯甲酰胺对白背飞虱的亚致死效应。结果表明: 氯虫苯甲酰胺对白背飞虱 3 龄若虫和成虫的 LC_{50} 分别为 19.26 mg/L 和 19.69 mg/L。以氯虫苯甲酰胺 LC_{10} 和 LC_{25} 剂量分别处理白背飞虱 3 龄若虫后, F_0 和 F_1 代雌虫产卵量及其寿命均降低, 尤其 LC_{25} 处理与对照间存在显著差异 ($P < 0.05$), F_0 和 F_1 代雌虫寿命分别缩短了 1.80 d 和 2.62 d, F_0 和 F_1 代雌虫产卵量分别减少了 52.94 粒和 78.45 粒。药剂处理对 F_1 代各虫态发育历期也有一定影响。根据不同剂量处理后白背飞虱各发育阶段的存活率和成虫的繁殖力, 组建了生殖力生命表, 发现 LC_{10} 和 LC_{25} 剂量处理的种群内禀增长率 r_m 分别降低了 11.25% 和 34.41%, 净增殖率 R_0 分别降低了 36.56% 和 74.57%, 而世代平均历期 T 和种群加倍时间 t 均延长。结果说明, 氯虫苯甲酰胺 LC_{10} 和 LC_{25} 剂量可抑制白背飞虱种群的增长; 大田中使用氯虫苯甲酰胺防治鳞翅目害虫时, 可抑制同时发生的非靶标害虫白背飞虱田间种群增长。

关键词: 白背飞虱; 氯虫苯甲酰胺; 毒力; 亚致死效应; 生命表

中图分类号: Q965.9 文献标识码: A 文章编号: 0454-6296(2012)10-1161-07

Sublethal effects of chlorantraniliprole on the experimental populations of the white-backed planthopper, *Sogatella furcifera* (Hemiptera: Delphacidae)

YANG Hong, WANG Zhao, JIN Dao-Chao* (Guizhou Key Laboratory for Agricultural Pest Management of Mountainous Region, Institute of Entomology, Guizhou University, Guiyang 550025, China)

Abstract: In order to evaluate the effect of chlorantraniliprole, an insecticide in control of Lepidoptera larvae on rice plant, on the white-backed planthopper, *Sogatella furcifera* (Horváth), the rice-stem dipping method was used to test the toxicity of chlorantraniliprole to the experimental populations of *S. furcifera*, and the sublethal effects of chlorantraniliprole on *S. furcifera* were studied with life table. The results showed that the LC_{50} doses of chlorantraniliprole to the 3th instar nymphs and adults of *S. furcifera* were 19.26 mg/L and 19.69 mg/L, respectively. After the 3th instar nymphs of *S. furcifera* were treated with the LC_{10} and LC_{25} of chlorantraniliprole, respectively, both the life span and the fecundity per female decreased in F_0 and F_1 , and significant difference existed between the treatment of LC_{25} and the control in F_0 and F_1 ($P < 0.05$). Compared to the control, the treatment of LC_{25} caused a decrease of 52.94 and 78.45 eggs laid per female in F_0 and F_1 , respectively, and 1.80 d and 2.62 d less in the life span of female in F_0 and F_1 , respectively. The developmental duration of different stages were affected after *S. furcifera* nymphs were treated with the LC_{25} and LC_{10} of chlorantraniliprole. According to the survival rate and fecundity of *S. furcifera* treated by different doses of chlorantraniliprole, the life table of fecundity was constructed. We found that for LC_{10} and LC_{25} treatments the intrinsic rate of increase (r_m) decreased by 11.25% and 34.41%, respectively, and the net reproductive rate (R_0) decreased by 36.56% and 74.57%, respectively, while the mean generation time (T) and population doubling time (t) were delayed. The results suggest that LC_{25} and LC_{10} of chlorantraniliprole can decrease the population growth of *S. furcifera*, and this insecticide will restrain the natural population growth of *S. furcifera* when it is used in the field in controlling the Lepidoptera larvae on rice plants.

Key words: *Sogatella furcifera*; chlorantraniliprole; toxicity; sublethal effects; life table

基金项目: 贵州省农业科技攻关项目(黔科合 NY 字[2010]3064); 贵州省教育厅自然科学研究项目(黔教 2010011)

作者简介: 杨洪, 男, 博士, 副教授, 主要从事昆虫生态学、害虫生物防治以及水稻害虫综合治理研究, E-mail: agr. hyang@ gzu. edu. cn

* 通讯作者 Corresponding author, E-mail: daochojin@ 126. com

收稿日期 Received: 2012-06-01; 接受日期 Accepted: 2012-10-09

白背飞虱 *Sogatella furcifera* (Horváth) 属半翅目飞虱科, 是亚洲水稻生产上的一种重要害虫。其主要通过刺吸稻株汁液, 造成水稻生长缓慢, 分蘖延迟, 瘪粒增加, 为害严重时, 造成稻株枯死(沈君辉等, 2003)。白背飞虱还能传播南方水稻黑条矮缩病 (Southern rice black-streaked dwarf virus, SRBSDV) (翟保平, 2011), 造成间接为害。由于白背飞虱系典型的易暴发成灾的 *r*-对策害虫且具迁飞性, 故在生产上仍主要采用化学杀虫剂防治白背飞虱 (Endo and Tsurumachi, 2001; Nizamani *et al.*, 2002; Liu *et al.*, 2002), 但化学杀虫剂的长期、大量、不合理使用等原因, 导致白背飞虱对甲胺磷、异丙威、混灭威等多种杀虫剂产生了不同程度的抗药性(毛立新和梁天锡, 1992; 梁天锡和毛立新, 1996; 姚洪渭等, 2000; 刘泽文等, 2002), 防治效果普遍降低。特别是田间施用这些杀虫剂, 对其天敌也具有极大的杀伤作用(徐建祥等, 2000; 王召等, 2011), 不利于发挥天敌的自然控制作用, 同时也导致稻田生态系统恶化并危及到人们身体健康。

氯虫苯甲酰胺 (chlorantraniliprole) 是美国杜邦公司开发的含邻甲酰胺基苯甲酰胺类化学结构的新型广谱杀虫剂, 研究发现它对多种农业害虫具有高效的防治效果, 且对非靶标节肢动物具有良好的选择性, 对哺乳动物、鱼类和鸟类的毒性极低 (Sattelle *et al.*, 2008; Lahm *et al.*, 2009; Barbee *et al.*, 2010)。近年来该药剂已广泛用于农业害虫的防治。氯虫苯甲酰胺在田间施用防治水稻螟虫时, 对同一生境中的非靶标害虫白背飞虱同样可能存在致死和亚致死效应, 但目前国内外尚未见相关报道。本研究通过测定氯虫苯甲酰胺对白背飞虱的室内毒力, 确定 LC_{10} 和 LC_{25} 剂量; 然后通过氯虫苯甲酰胺 LC_{10} 和 LC_{25} 剂量处理白背飞虱 F_0 代若虫后, 组建其 F_1 代生殖力生命表, 以揭示氯虫苯甲酰胺 LC_{10} 和 LC_{25} 剂量对白背飞虱实验种群生长发育和繁殖的影响。

1 材料与方法

1.1 供试虫源

白背飞虱成虫于 2011 年 4–5 月采自贵阳市花溪区周边水稻田, 带回室内饲养, 以未用药处理的‘金优 431’水稻饲养繁殖, 饲养温度为 $25 \pm 2^\circ\text{C}$, 相对湿度 $70\% \pm 10\%$, 光周期 16L:8D。以大小一致的 3 龄中期若虫和成虫作为供试虫源。

1.2 无虫水稻的培育

先将水稻种子在室内催芽, 待发芽后种到温室水泥池(长 4.4 m, 宽 1.8 m)中, 整个水泥池用纱网罩住, 以保证水稻无虫侵害。对水稻定期浇水和施肥, 保证水分充足及营养供给。培育至分蘖期待用。

1.3 供试药剂及其来源

20% 氯虫苯甲酰胺悬浮剂, 美国杜邦公司生产; 10% 吡虫啉可湿性粉剂, 江苏常隆化工有限公司。

1.4 实验器材与条件

1.4.1 主要仪器: RXZ-380A 型智能人工气候箱 (4 000 lx, 宁波江南仪器厂); 解剖镜 (江西凤凰光学仪器有限公司); 电子天平 (0.0001 g, 上海菁海仪器有限公司); 养虫笼 (80 cm × 40 cm × 25 cm), 自制, 玻璃结构, 四周封闭, 正面设有一扇开关门, 并在门上和对面固定的玻璃上留有 10 cm 左右的推拉窗, 以方便浇水; 吸虫器 (自制); 移液枪 [大龙兴创实验仪器 (北京) 有限公司]。

1.4.2 实验条件: 实验在 RXZ-380A 型智能人工气候箱中进行, 控制温度 $25 \pm 1^\circ\text{C}$, 相对湿度 $70\% \pm 5\%$, 光周期 16L:8D。

1.5 氯虫苯甲酰胺对白背飞虱室内毒力测定

参照庄永林和沈晋良 (2000) 报道的稻茎浸渍法。连根拔出健壮一致的分蘖期稻株, 洗净, 剪成约 15 cm 长的连根稻茎, 2 株 1 组, 于阴凉处晾至表面无水痕。用蒸馏水将供试药剂等比稀释成 5 个系列浓度, 将稻茎分别在不同浓度的药液中浸泡 30 s, 以蒸馏水为对照。取出后晾干, 以浸湿的脱脂棉包住根部放入培养杯中, 从养虫笼中吸取标准一致的 3 龄中期若虫和成虫, 分别放入水平侧放的培养杯中, 每杯 20 头, 待若虫全部爬上稻茎或杯壁后再竖直, 剔除机械损伤的个体, 并补足 20 头, 每浓度重复 5 次, 共 100 头。最后将试虫置于 $25 \pm 1^\circ\text{C}$, 相对湿度 $70\% \pm 5\%$, 光周期 16L:8D 的人工气候箱中, 72 h 后检查死亡虫数。

1.6 氯虫苯甲酰胺对白背飞虱的亚致死效应

对 F_0 代的影响: 参考白背飞虱毒力测定的结果, 采用稻茎浸渍法分别以 LC_{10} 和 LC_{25} 剂量的氯虫苯甲酰胺处理白背飞虱 3 龄若虫, 方法同 1.5, 24 h 后挑取存活的试虫 100 头, 单头饲养于放有稻茎的试管中 (内径 3 cm, 长 20 cm), 并对羽化 2~3 d 的成虫进行配对。每个处理饲养 50 头, 每日观察 3 次 (8:00, 14:00, 20:00), 记录每头白背飞虱雌虫

产卵前期、产卵期、单雌产卵量、寿命，直至成虫死亡。对照组以清水处理。

对 F_1 代的影响：挑取 LC_{10} 和 LC_{25} 剂量药剂处理的成虫 12 h 内产卵的稻苗，转移至新的试管单独饲养，每 8 h 观察一次，一旦发现有若虫孵化出来，立即单头接入放有新鲜稻茎的试管中饲养，并对羽化的成虫进行配对，直至成虫死亡。每个处理重复 50 头，每日观察 3 次(8:00, 14:00, 20:00)，记录卵期、若虫龄期、产卵量、产卵前期及寿命等，定时更换稻茎，以保证稻茎新鲜。对照组以清水处理。

1.7 生命表参数的计算方法

以赵志模和周新远(1984)的方法组建白背飞虱经 LC_{10} 、 LC_{25} 剂量处理后的生殖力生命表。

净增殖率 $R_0 = \sum l_x m_x$ ；内禀增长率 $r_m = \ln R_0 / T$ ；世代平均历期 $T = \sum l_x m_x x / R_0$ ；周限增长率 $\lambda = e^{r_m}$ ；种群加倍时间 $t = \ln 2 / r_m$ 。

其中： x 表示以天(d)为单位的时间间隔， l_x 表示任一个体在 x 期间的存活率， m_x 表示在 x 期间平均每雌产卵数。

1.8 数据统计与分析

所有数据的统计分析均采用 Microsoft Excel 2003 和 SPSS13.0 软件进行，拟合毒力回归方程，并计算相关系数、致死中浓度(LC_{50})及其 95% 置信区间。采用单因素方差分析进行差异显著性分析，Duncan 氏新复极差法进行多重比较分析。

2 结果与分析

2.1 氯虫苯甲酰胺对白背飞虱的毒力

采用稻茎浸渍法测定了氯虫苯甲酰胺对白背飞虱 3 龄若虫和成虫的毒力(表 1)，结果表明：氯虫苯甲酰胺对 3 龄若虫的 LC_{50} 为 19.26 mg/L， LC_{10} 为 5.66 mg/L， LC_{25} 为 10.11 mg/L；对成虫的 LC_{50} 为 19.69 mg/L， LC_{10} 为 6.48 mg/L， LC_{25} 为 10.97 mg/L。可以看出氯虫苯甲酰胺对白背飞虱若虫和成虫具有基本相同的毒杀作用。表中还列出吡虫啉对白背飞虱的毒力测定结果，相比之下吡虫啉对褐飞虱 3 龄若虫和成虫的毒力比分别是氯虫苯甲酰胺的 35.47 倍和 19.12 倍。

表 1 吡虫啉和氯虫苯甲酰胺对白背飞虱的毒力测定
Table 1 The toxicity of imidacloprid and chlorantraniliprole to *Sogatella furcifera*

杀虫剂 Insecticides	虫态 Developmental stage	回归方程 Regression equation	相关系数 r Correlation coefficient	LC_{50} (mg/L) 95% CL	LC_{10} (mg/L) 95% CL	LC_{25} (mg/L) 95% CL
吡虫啉 Imidacloprid	3 龄若虫 3rd instar nymph	$y = 2.04x + 0.54$	0.99	0.54 (0.46 - 0.63)	0.13 (0.09 - 0.17)	0.25 (0.20 - 0.31)
	成虫 Adult	$y = 3.89x - 0.05$	0.91	1.03 (0.47 - 5.25)	0.48 (0.00 - 0.77)	0.69 (0.01 - 1.04)
氯虫苯甲酰胺 Chlorantraniliprole	3 龄若虫 3rd instar nymph	$y = 2.41x - 3.10$	0.99	19.26 (16.93 - 21.92)	5.66 (3.96 - 7.22)	10.11 (8.10 - 11.89)
	成虫 Adult	$y = 2.66x - 3.44$	0.99	19.69 (17.53 - 22.12)	6.48 (4.94 - 7.91)	10.97 (9.19 - 12.61)

2.2 氯虫苯甲酰胺 LC_{10} 和 LC_{25} 剂量处理对 F_0 代雌成虫繁殖力和寿命的影响

氯虫苯甲酰胺不同剂量处理白背飞虱 3 龄若虫后，缩短当代雌成虫寿命(表 2)。 LC_{10} 处理后，缩短了 0.94 d，与对照相比没有显著差异($P > 0.05$)； LC_{25} 处理后，缩短了 1.80 d，与对照相比差异显著($P < 0.05$)。药剂处理后，其当代雌虫繁殖力也受到了一定影响(表 2)。 LC_{10} 处理后，产卵期和产卵量都减少，但均未达到显著差异($P > 0.05$)； LC_{25}

处理后，其产卵期和产卵量比对照分别减少 2.08 d 和 52.94 粒，且差异显著($P < 0.05$)。这说明氯虫苯甲酰胺 LC_{10} 和 LC_{25} 剂量对当代雌虫繁殖力及寿命有一定的影响，且影响结果与剂量大小有关。

2.3 氯虫苯甲酰胺 LC_{10} 和 LC_{25} 剂量处理白背飞虱若虫对 F_1 代发育历期的影响

氯虫苯甲酰胺 LC_{10} 和 LC_{25} 剂量处理白背飞虱若虫对 F_1 代发育历期的影响见表 3。结果表明， LC_{10} 和 LC_{25} 剂量药剂处理后对 F_1 代各虫态发育历

期的发育均有延长,且随着药剂剂量的增加而延长。从成虫前期来看,白背飞虱经 LC₁₀和 LC₂₅处理后,发育历期均比对照延长,分别延长了 0.71 d 和

2.54 d,且 LC₂₅处理后 F₁ 代成虫前期与对照相比差异显著($P < 0.05$)。

表 2 氯虫苯甲酰胺处理对白背飞虱 F₀ 代雌虫繁殖力及成虫寿命的影响

Table 2 Effects of chlorantraniliprole on fecundity and longevity of female adults in F₀ of *Sogatella furcifera*

处理 Treatments	产卵前期(d) Pre-oviposition period	产卵期(d) Oviposition period	产卵量(粒/雌) Number of eggs laid per female	寿命(d) Longevity
CK	5.29 ± 0.20 a	7.95 ± 0.31 a	187.47 ± 12.1 a	13.58 ± 0.37 a
LC ₁₀	5.49 ± 0.25 a	7.12 ± 0.32 a	164.71 ± 8.2 a	12.64 ± 0.31 ab
LC ₂₅	6.09 ± 0.23 a	5.87 ± 0.35 b	134.53 ± 9.5 b	11.78 ± 0.48 b

表中所列数据为平均值 ± 标准误,同列中具不同字母表示经单因素方差分析在 $P = 0.05$ 水平存在显著差异。Data in the table are mean ± SE, and those with different letters in the same column are significant different at $P = 0.05$ level by One-Way ANOVA. CK: 清水对照 Water. 下同 The same below.

表 3 氯虫苯甲酰胺处理对白背飞虱 F₁ 代发育历期的影响

Table 3 Developmental duration in F₁ of *Sogatella furcifera* under the impact of chlorantraniliprole

处理 Treatments	各虫态发育历期 Developmental duration of different stages (d)						
	卵 Egg	1 龄若虫 1st instar nymph	2 龄若虫 2nd instar nymph	3 龄若虫 3rd instar nymph	4 龄若虫 4th instar nymph	5 龄若虫 5th instar nymph	成虫前期 Premature period
CK	7.30 ± 0.04 a	3.23 ± 0.12 a	2.14 ± 0.09 a	2.25 ± 0.09 a	2.62 ± 0.09 a	3.45 ± 0.11 a	20.89 ± 0.26 a
LC ₁₀	7.80 ± 0.03 b	3.48 ± 0.10 a	2.24 ± 0.05 a	2.25 ± 0.06 a	2.68 ± 0.09 a	3.40 ± 0.09 a	21.60 ± 0.29 a
LC ₂₅	8.08 ± 0.04 c	3.93 ± 0.08 b	2.55 ± 0.07 b	2.39 ± 0.05 a	2.83 ± 0.07 a	3.80 ± 0.16 a	23.42 ± 0.16 b

2.4 氯虫苯甲酰胺 LC₁₀和 LC₂₅ 剂量处理对 F₁ 代繁殖力及成虫寿命的影响

氯虫苯甲酰胺 LC₁₀和 LC₂₅ 剂量处理对 F₁ 代雌虫繁殖力及寿命的影响见表 4。LC₁₀和 LC₂₅ 剂量药剂处理前后白背飞虱 F₁ 代雌虫产卵前期、产卵期、产卵量及寿命都发生变化。LC₂₅处理后,雌虫寿命缩短了 2.62 d;雌虫产卵期和产卵量显著减少,分别减少了 3.45 d 和 78.45 粒,表现出对雌虫产卵量有很强的抑制作用。LC₁₀和 LC₂₅ 处理若虫后,产卵前期均有所延长,分别延长了 0.41 d 和 1.10 d;雌虫寿命均缩短,其中 LC₂₅处理与对照相比差异显著($P < 0.05$)。

2.5 氯虫苯甲酰胺 LC₁₀和 LC₂₅ 剂量处理对 F₁ 实验种群生命表参数的影响

根据白背飞虱各发育阶段的存活率和成虫的繁殖力,组建了氯虫苯甲酰胺不同剂量处理后白背飞虱 F₁ 代的生殖力生命表,求出不同处理后的种群生命参数(表 5)。在各处理中,白背飞虱种群内禀增长率以对照组最大(0.23),LC₁₀次之(0.21),LC₂₅最小(0.15),与对照相比,两个剂量处理的种群内禀增长率 r_m 分别降低了 11.25% 和 34.41%。

药剂处理后,净增殖率 R_0 与对照相比两者净增殖率分别为 36.10 和 141.94,分别降低了 36.56% 和 74.57%,尤其 LC₂₅处理减少更明显。这是由于白背飞虱经 LC₂₅处理后产卵期明显短于对照,日平均产卵量少于对照,而导致其净增殖率低于对照组。在各处理中,白背飞虱种群世代平均历期和种群数量加倍的时间均增大,且均随着剂量的增加而增大。综合生命表各项参数表明,氯虫苯甲酰胺 LC₁₀和 LC₂₅ 剂量能够抑制白背飞虱种群的增长。

2.6 氯虫苯甲酰胺 LC₁₀和 LC₂₅ 剂量处理对白背飞虱 F₁ 代的存活曲线和产卵量的影响

种群存活曲线表示在某一特定时间种群中同龄个体随时间推移而减少的现象,它既反映了各物种的特征,又反映了环境的作用。氯虫苯甲酰胺 LC₁₀和 LC₂₅ 剂量处理对 F₁ 代白背飞虱的存活曲线如图 1,两种不同剂量处理后的白背飞虱 F₁ 代存活率均低于对照,1~15 d,氯虫苯甲酰胺两种浓度处理的存活率大致相同,从第 16 天开始,LC₂₅处理一直低于 LC₁₀。

氯虫苯甲酰胺 LC₁₀和 LC₂₅ 剂量处理对白背飞虱 F₁ 代平均日产卵量曲线如图 2,23~26 d,两种

不同浓度处理下的白背飞虱 F_1 日产卵量明显高于对照。从产卵趋势来看, 各处理的平均日产卵量曲线均成单峰型。

表 4 氯虫苯甲酰胺处理对白背飞虱 F_1 代雌虫繁殖力及成虫寿命的影响
Table 4 Effects of chlorantraniliprole on fecundity and longevity of female adults in F_1 of *Sogatella furcifera*

处理 Treatments	产卵前期(d) Pre-oviposition period	产卵期(d) Oviposition period	产卵量(粒/雌) Number of eggs laid per female	寿命(d) Longevity
CK	4.97 ± 0.30 a	8.38 ± 0.61 a	177.38 ± 15.56 a	13.50 ± 0.87 a
LC ₁₀	5.38 ± 0.29 ab	6.65 ± 0.44 b	162.41 ± 14.21 a	12.73 ± 0.71 ab
LC ₂₅	6.06 ± 0.29 b	4.93 ± 0.56 c	98.93 ± 11.69 b	10.88 ± 0.77 b

表 5 氯虫苯甲酰胺处理白背飞虱 F_1 代生命表参数
Table 5 Life table parameters of F_1 of *Sogatella furcifera* under the impact of chlorantraniliprole

处理 Treatments	内禀增长率 r_m Intrinsic rate of increase	净增殖率 R_0 Net reproductive rate	周限增长率 λ Finite rate of increase	世代平均历期 T Mean generation time	种群加倍时间 t Population doubling time
CK	0.23	141.94	1.26	21.37	2.99
LC ₁₀	0.21	90.04	1.23	21.87	3.37
LC ₂₅	0.15	36.10	1.16	23.58	4.56

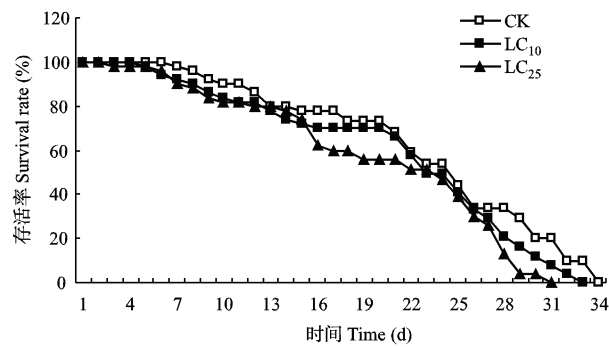


图 1 氯虫苯甲酰胺处理对白背飞虱 F_1 代若虫存活率的影响
Fig. 1 Effects of chlorantraniliprole on the survival rate of nymphs in F_1 of *Sogatella furcifera*

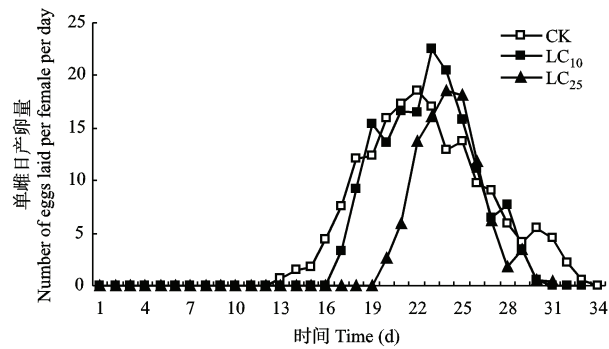


图 2 氯虫苯甲酰胺处理对白背飞虱 F_1 代雌虫平均日产卵量的影响
Fig. 2 Effects of chlorantraniliprole on the average number of eggs laid per female per day in F_1 of *Sogatella furcifera*

3 讨论

氯虫苯甲酰胺是近几年在我国登记上市的一种新型的高效广谱杀虫剂, 其防治靶标为稻纵卷叶螟 *Cnaphalocrocis medinalis*、二化螟 *Chilo suppressalis* 等水稻鳞翅目害虫。从本研究结果来看, 氯虫苯甲酰胺对非靶标害虫白背飞虱具有一定的生物活性, 但杀虫活性与对照药剂吡虫啉相比较低。本研究结果表明, 吡虫啉对白背飞虱具有较强的毒力, 其结果与王彦华等(2009)用吡虫啉对浙江杭州白背飞虱种群 3 龄若虫的测定结果($LC_{50} = 0.26$ mg/L)相比, 本实验室白背飞虱种群对吡虫啉未产生抗性。

氯虫苯甲酰胺在大田中防治水稻鳞翅目幼虫时, 推荐剂量为 40 mg/L(约为对白背飞虱毒力的 LC_{80}), 但由于施药技术、天气、害虫习性等, 非靶标害虫白背飞虱常常受到该杀虫剂亚致死效应的影响。本研究结果表明, 氯虫苯甲酰胺 LC_{10} 和 LC_{25} 剂量对当代雌成虫的影响是通过降低雌虫产卵量和缩短成虫寿命而表现为抑制作用, 这不同于溴氰菊酯亚致死剂量(LC_5)对褐飞虱 *Nilaparvata lugens* 繁殖力有刺激作用的研究结果(汤爱兵, 2007)。氯虫苯甲酰胺 LC_{10} 和 LC_{25} 剂量处理后, 白背飞虱 F_1 代发育历期延长, 这与王允场(2009)报道的哒螨灵亚致

死剂量处理对巴氏钝绥螨 *Amblyseius barkeri* 子代发育历期延迟的结果相似,这可能是由于氯虫苯甲酰胺影响了白背飞虱的取食,从而改变了白背飞虱的营养状况。白背飞虱经药剂处理后, F_0 和 F_1 连续两代雌虫繁殖力均表现为抑制作用,这与 James 和 Price(2002)发现吡虫啉能刺激非靶标害虫二斑叶螨 *Tetranychus urticae* 增殖的结论不同,这可能是药剂类别不同,还是害虫种类差别较大造成的,有待深入的研究。

生命表方法是研究、分析环境因子对昆虫种群数量变动的一种有效方法。但有关氯虫苯甲酰胺处理后白背飞虱生命表研究,国内外尚未见相关报道。本研究通过氯虫苯甲酰胺 LC_{10} 和 LC_{25} 剂量处理白背飞虱 F_0 代若虫后,组建其 F_1 代生殖力生命表,分析了不同浓度处理对白背飞虱的生长发育和繁殖的影响:在不同浓度处理下,白背飞虱的发育历期、繁殖力和存活率之间存在差异,从而影响了种群内禀增长率的变化,且随着药剂浓度的增大,种群内禀增长率逐渐减小,该结果对农业生产上科学使用该药具有一定的指导意义。在本研究中,氯虫苯甲酰胺 LC_{10} 和 LC_{25} 剂量处理白背飞虱若虫后,其 F_1 代种群内禀增长率、净增殖率和周限增长率均减小,而世代平均历期和种群加倍时间均增大,这说明氯虫苯甲酰胺 LC_{10} 和 LC_{25} 剂量能有效抑制白背飞虱种群的增长速率,这与曾春祥等(2006)用吡虫啉亚致死剂量处理桃蚜 *Myzus persicae* F_0 代成虫后,对 F_1 代的胁迫效应的结果相同。

本实验仅研究了氯虫苯甲酰胺 LC_{10} 和 LC_{25} 剂量短时间内处理褐飞虱 3 龄若虫后对其当代生物学和次代种群的生命表参数的影响。然而,杀虫剂施用于寄主植物之后,除了寄主体表残留药剂之外,也可能被寄主所吸收而成为其体内的药剂残毒;更有报道表明,杀虫剂能够引起寄主植物自身营养和生理代谢等方面的变化(Chelliah and Heinrichs, 1980; Heinrichs *et al.*, 1984; Trumble *et al.*, 1988; 林舜华等, 1997; 余月书, 2008; 季正文, 2010)。如果害虫(白背飞虱)长时间寄居于这样的植物上,这对害虫种群产生怎样的影响,还不清楚。另外,子脾上的农药残留对西方蜜蜂 *Apis mellifera* 的亚致死效应不但表现为蜜蜂幼虫发育延缓、羽化率降低和成虫寿命缩短,还有助于西方蜜蜂寄生螨狄斯瓦螨 *Varroa destructor* 的生殖(Wu *et al.*, 2011)。氯虫苯甲酰胺对于非靶标害虫亚致死效应是否包含对非靶标害虫的寄生天敌的影响,有待更进一步的

探索。

参考文献 (References)

- Barbee GC, McClain WR, Lanka SK, Stout MJ, 2010. Acute toxicity of chlorantraniliprole to non-target crayfish (*Procambarus clarkii*) associated with rice-crayfish cropping systems. *Pest Management Science*, 66: 996 – 1001.
- Chelliah S, Heinrichs EA, 1980. Factors affecting-induced resurgence of the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* on rice. *Environmental Entomology*, 9(6): 773 – 777.
- Endo S, Tsurumachi M, 2001. Insecticide susceptibility of the brown planthopper and the white-backed planthopper collected from southeast Asia. *Journal of Pesticide Science*, 26(1): 82 – 86.
- Heinrichs EA, Basilio RP, Valencia SL, 1984. Buprofezin, a selective insecticide for the management of rice planthoppers (Homoptera: Delphacidae) and leafhoppers (Homoptera: Cicadellidae). *Environmental Entomology*, 13: 515 – 521.
- James DG, Price TS, 2002. Fecundity in two-spotted spider mite (Acari: Tetranychidae) is increased by direct and systemic exposure to imidacloprid. *Journal of Economic Entomology*, 95(4): 729 – 732.
- Ji ZW, 2010. Evaluation of control effect of chlorantraniliprole on *Cnaphalocrocis medinalis* (Guenée) and its influence on rice growth. MSc Thesis, Yangzhou University, Yangzhou, Jiangsu. [季正文, 2010. 氯虫苯甲酰胺对稻纵卷叶螟防效评价及其对水稻生长发育的影响. 江苏扬州: 扬州大学硕士学位论文]
- Lahm GP, Cordova D, Barry JD, 2009. New and selective ryanodine receptor activators for insect control. *Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters*, 17: 4127 – 4133.
- Liang TX, Mao LX, 1996. Studies on the monitoring of insecticide resistance of rice planthoppers. *Entomological Journal of East China*, 5(1): 89 – 93. [梁天锡, 毛立新, 1996. 水稻飞虱的抗药性监测研究. 华东昆虫学报, 5(1): 89 – 93]
- Lin SH, Gao LM, Han RZ, Huang YX, Xiang B, 1997. Ecological effect of N-(2, 4-dimethylphenyl)-N-methylformamidinium hydrochloride (DMAH) pesticide on soybean-soil system. *Chinese Journal of Applied and Environmental Biology*, 3(2): 106 – 111. [林舜华, 高雷明, 韩荣庄, 黄银晓, 项斌, 1997. 单甲脒农药对大豆-土壤系统的生态影响. 应用与环境生物科学, 3(2): 106 – 111]
- Liu ZW, Dong Z, Wang YC, Han ZJ, Tian XZ, 2002. Susceptibilities of brown planthopper and white backed planthopper from Anqing. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 30(4): 488 – 489. [刘泽文, 董钊, 王荫长, 韩召军, 田学志, 2002. 安庆地区褐飞虱、白背飞虱抗药性监测. 安徽农业科学, 30(4): 488 – 489]
- Liu ZW, Han ZJ, Wang YC, 2002. The insecticide resistance in two planthopper from three areas to three insecticides. *Chinese Rice Research Newsletter*, 10(3): 22 – 24.
- Mao LX, Liang TX, 1992. Monitoring in susceptibility of whitebacked planthopper and brown planthopper to thirteen insecticides. *Chinese Journal of Rice Science*, 6(2): 70 – 76. [毛立新, 梁天锡, 1992. 水稻飞虱对十三种杀虫剂的抗性监测. 中国水稻科学, 6(2): 70 – 76]

- Nizamani IA, Talpur MA, Qureshi KH, 2002. Effectiveness of different insecticides against white-backed planthopper, *Sogatella furcifera* (Horv.) on rice crop. *Asian Journal of Plant Science*, 1(2): 199–200.
- Sattelle DB, Cordova D, Cheek TR, 2008. Insect ryanodine receptors: molecular targets for novel pest control chemicals. *Invertebrate Neuroscience*, 8: 107–119.
- Shen JH, Shang JM, Liu CJ, 2003. Management of whitebacked planthopper, *Sogatella furcifera* in China: a mini-review. *Chinese Journal of Rice Science*, 17(Suppl.): 7–22. [沈君辉, 尚金梅, 刘光杰, 2003. 中国的白背飞虱研究概况. 中国水稻科学, 17(增刊): 7–22]
- Tang AB, 2007. Effects of deltamethrin on reproduction of *Nilaparvata lugens* (Stål). *Jiangxi Plant Protection*, 30: 70–71. [汤爱兵, 溴氰菊酯对稻褐飞虱繁殖力的影响. 江西植保, 30(2): 70–71]
- Trumble JT, Carson W, Nakakihara H, Voth V, 1988. Impact of pesticides for tomato fruitworm (Lepidoptera: Noctuidae) suppression on photosynthesis, yield, and non-target arthropod in strawberries. *Journal Economic Entomology*, 81(2): 608–614
- Wang YC, 2009. Studies on Toxicity of Insecticides (Acaricides) to *Amblyseius barkeri* and Sublethal Effects. MSc Thesis, Southwest University, Chongqing. [王允场, 2009. 几种杀虫(螨)剂对巴氏钝绥螨的毒力及亚致死效应研究. 重庆: 西南大学硕士学位论文]
- Wang YH, Cang T, Zhao XP, Wu CX, Chen LP, Yu RX, Wu SG, Wang Q, 2009. Susceptibility to several types of insecticides in the rice planthoppers *Nilaparvata lugens* (Stål) and *Sogatella furcifera* (Horváth) (Homoptera: Delphacidae). *Acta Entomologica Sinica*, 52(10): 1090–1096. [王彦华, 苍涛, 赵学平, 吴长兴, 陈丽萍, 俞瑞鲜, 吴声敢, 王强, 2009. 褐飞虱和白背飞虱对几类杀虫剂的敏感性. 昆虫学报, 52(10): 1090–1096]
- Wang Z, Yang H, Wang XJ, Jin DC, 2011. Population dynamics of *Cyrtorhinus lividipennis* (Reuter) in karst rice-planting areas in Guizhou. *Chinese Journal of Biological Control*, 27(4): 464–469. [王召, 杨洪, 汪学俭, 金道超, 2011. 贵州喀斯特稻区黑肩绿盲蝽种群发生规律研究. 中国生物防治学报, 27(4): 464–469]
- Wu JY, Anelli CM, Sheppard WS, 2011. Sub-lethal effects of pesticide residues in brood comb on worker bee (*Apis mellifera*) development and longevity. *PLoS ONE*, 6(2): 1–11.
- Xu JX, Wu JC, Cheng XN, Ji MS, Dai JQ, 2000. The effects of two insecticides on predation function of predatory natural enemies. *Acta Ecological Sinica*, 20(1): 145–149. [徐建祥, 吴进才, 程遐年, 嵇茂盛, 戴建群, 2000. 两种杀虫剂对稻田捕食性天敌集团捕食功能的影响. 生态学报, 20(1): 145–149]
- Yao HW, Ye GY, Cheng JA, 2000. Insecticide resistance in different populations of the white-backed planthopper. *Chinese Journal of Rice Science*, 14(3): 183–184. [姚洪渭, 叶恭银, 程家安, 2000. 白背飞虱不同种群抗药性的测定. 中国水稻科学, 14(3): 183–184]
- Yu YS, Wu JC, Wang F, Xue S, 2008. Effects of imidacloprid press on the soluble sugar, mineral element and free amino acid in rice plants. *Journal of Yangzhou University (Agricultural and Life Science Edition)*, 29(1): 85–89. [余月书, 吴进才, 王芳, 薛珊, 2008. 吡虫啉胁迫对水稻可溶性糖、游离氨基酸及钾等矿物元素含量的影响. 扬州大学学报(农业与生命科学版), 29(1): 85–89]
- Zeng CX, Wang JJ, Zeng ZP, Cao G, 2006. Impact of sublethal doses of imidacloprid on experimental population of *Myzus persicae*. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 22(12): 335–338. [曾春祥, 王进军, 曾智平, 曹高, 2006. 吡虫啉亚致死剂量对桃蚜实验种群的胁迫效应. 中国农学通报, 22(12): 335–338]
- Zhai BP, 2011. Rice planthoppers: a China problem under the international perspectives. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 48(5): 1184–1193. [翟保平, 2011. 稻飞虱: 国际视野下的中国问题. 应用昆虫学报, 48(5): 1184–1193]
- Zhao ZM, Zhou XY, 1984. Introduction to Ecology. Science and Technology Literature Press, Chongqing. 16–18. [赵志模, 周新远, 1984. 生态学引论. 重庆: 科学技术文献出版社. 16–18]
- Zhuang YL, Shen JL, 2000. A method for monitoring of resistance to buprofezin in brown planthopper. *Journal of Nanjing Agricultural University*, 23(3): 114–117. [庄永林, 沈晋良, 2000. 稻褐飞虱对噻嗪酮抗性的监测技术. 南京农业大学学报, 23(3): 114–117]

(责任编辑: 武晓颖)